

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

IN RE APPLICATION OF: Takao HARADA, et al.

GAU:

SERIAL NO: New Application

EXAMINER:

FILED: Herewith

FOR: METHOD FOR MANUFACTURING REDUCED METAL

**REQUEST FOR PRIORITY**

COMMISSIONER FOR PATENTS  
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number \_\_\_\_\_, filed \_\_\_\_\_, is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e):  
Application No. \_\_\_\_\_ Date Filed \_\_\_\_\_

- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:


<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
Japan	2003-049471	February 26, 2003

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. \_\_\_\_\_ filed \_\_\_\_\_
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number \_\_\_\_\_  
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. \_\_\_\_\_ filed \_\_\_\_\_; and
- ☐ (B) Application Serial No.(s) \_\_\_\_\_  
☐ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.

  
\_\_\_\_\_  
C. Irvin McClelland  
Registration No. 21,124

Customer Number

**22850**

Tel. (703) 413-3000  
Fax. (703) 413-2220  
(OSMMN 05/03)

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2 0 0 3 年 2 月 2 6 日

出 願 番 号  
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 0 4 9 4 7 1

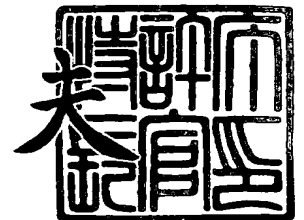
[ST. 10/C]: [ J P 2 0 0 3 - 0 4 9 4 7 1 ]

出 願 人  
Applicant(s): 株式会社神戸製鋼所

2 0 0 3 年 1 1 月 1 4 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康



【書類名】 特許願

【整理番号】 15PK5420

【提出日】 平成15年 2月26日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 C21B 13/10  
C27B 3/22

【発明の名称】 還元金属の製造方法

【請求項の数】 6

【発明者】

【住所又は居所】 兵庫県神戸市西区高塚台 1 丁目 5 番 5 号 株式会社神戸  
製鋼所 神戸総合技術研究所内

【氏名】 原田 孝夫

【発明者】

【住所又は居所】 兵庫県神戸市西区高塚台 1 丁目 5 番 5 号 株式会社神戸  
製鋼所 神戸総合技術研究所内

【氏名】 田中 英年

【発明者】

【住所又は居所】 兵庫県神戸市西区高塚台 1 丁目 5 番 5 号 株式会社神戸  
製鋼所 神戸総合技術研究所内

【氏名】 杉立 宏志

【特許出願人】

【識別番号】 000001199

【氏名又は名称】 株式会社 神戸製鋼所

【代理人】

【識別番号】 100089196

【弁理士】

【氏名又は名称】 梶 良之

【電話番号】 06-6300-3590

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100104226

【弁理士】

【氏名又は名称】 須原 誠

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014731

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0103969

【包括委任状番号】 0000795

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 還元金属の製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 還元炉中を移動する炉床上に載置された炭素質還元材を含む酸化金属を加熱し還元して還元金属を製造する方法であって、前記還元炉に、燃料および一次燃焼用空気を供給する複数の主バーナと、二次燃焼用空気を供給する二次燃焼バーナとを設け、前記一次燃焼用空気および／または前記二次燃焼用空気として、酸素を富化した空気をを用いる際に、前記複数の主バーナのうち少なくとも 1 つの主バーナで供給される一次燃焼用空気中の酸素濃度を、前記二次燃焼用空気中の酸素濃度より低くすることを特徴とする還元金属の製造方法。

【請求項 2】 前記複数の主バーナのうち少なくとも 1 つの主バーナの近傍における炉内雰囲気ガスの CO 濃度が 2 容積％未満である請求項 1 記載の還元金属の製造方法。

【請求項 3】 前記複数の主バーナのうち少なくとも 1 つの主バーナの近傍における炉内雰囲気ガスの CO 濃度が 4 容積％未満である請求項 1 記載の還元金属の製造方法。

【請求項 4】 前記複数の主バーナのうち少なくとも 1 つの主バーナの近傍における炉内雰囲気ガスの還元度  $(CO + H_2) / (CO + CO_2 + H_2 + H_2O)$  が 0.05 未満である請求項 1 記載の還元金属の製造方法。

【請求項 5】 前記複数の主バーナのうち少なくとも 1 つの主バーナの空気比を 1.0 以下とする請求項 1～4 のいずれか 1 項記載の還元金属の製造方法。

【請求項 6】 前記複数の主バーナの空気比を、主バーナごとに、その前記還元炉への設置位置に応じて変化させる請求項 1～5 のいずれか 1 項記載の還元金属の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、炭素質還元材を含む酸化金属を移動炉床式還元炉で加熱還元して還元金属を製造する方法に関する。

#### 【0002】

##### 【従来の技術】

回転炉床式還元炉（移動炉床式還元炉）で還元鉄（還元金属）を製造する場合、酸化鉄（酸化金属）を含有する鉄鉱石に石炭（炭素質還元材）を添加したのち、還元炉内を移動する炉床上に装入し、還元炉内で高温に加熱して石炭（炭素質還元材）により鉄鉱石中の酸化鉄（酸化金属）を還元することで、還元鉄（還元金属）を生成することができる。

#### 【0003】

この還元炉は、ドーナツ形状に形成された還元炉本体内にリング状をなす炉床が周方向に回転可能に支持され、還元炉の所定位置に石炭を含む鉄鉱石を炉床上に供給する原料供給機と、炉内で還元された還元鉄を外部に排出する製品排出機とが設けられたものである。そして、還元炉内に炉床上に高温雰囲気を形成するための空間部が形成され、この空間部に対して燃料および一次燃焼用空気を供給する主バーナと、二次燃焼用空気を供給する二次燃焼バーナとが設けられるとともに、炉内での燃焼により発生した排ガスを排出する排ガスダクトが設けられている。

#### 【0004】

したがって、原料供給機により石炭を含む鉄鉱石が炉床上に供給される一方、この炉床は所定速度で回転し、かつ、主バーナにより空間部が加熱されて高温雰囲気となっている。そのため、炉床上の石炭を含む鉄鉱石は炉内の高温雰囲気を移動中に石炭により鉄鉱石中の酸化鉄が還元されて還元鉄となる。そして、製品排出機により還元鉄は炉外へ排出される。

#### 【0005】

一方、炉内の高温雰囲気を移動中に加熱された石炭を含む鉄鉱石からは、石炭から発生する揮発分と、石炭と鉄鉱石中の酸化鉄との還元反応により生じるCOガスが発生する。以下、この揮発分とCOガスを総称して可燃性ガスと呼ぶ。この可燃性ガスを有効利用するため、二次燃焼バーナにより二次燃焼用空気を供

給して、炉内でこの可燃性ガスを過不足なく燃焼し、主バーナにより供給される燃料の消費量を抑制するようにしている（例えば、特許文献1）。

#### 【0006】

また、一次燃焼用空気および二次燃焼用空気として、予熱空気または酸素富化空気の使用が提案されている。一次燃焼用空気および二次燃焼用空気として、酸素富化空気を使用することの効果は、これら燃焼用空気中の窒素含有量を減らすことにより得られる。すなわち、燃焼用空気中の窒素含有量を減らすことにより、原料の加熱にほとんど寄与しない窒素分の加熱に必要な熱量が減少して主バーナで供給する燃料の消費量を低減できることに加え、還元炉から排出される排ガス量が減るため排ガスの処理設備が小型化でき、操業コストおよび設備コストが低減できる（例えば、特許文献2参照）。

#### 【0007】

##### 【特許文献1】

特開2001-115204号公報

##### 【特許文献2】

特開平11-279611号公報

#### 【0008】

##### 【発明が解決しようとする課題】

ところが、燃焼用空気中の窒素含有量が少なくなると燃焼後ガスの温度が上昇して窒素酸化物（ $\text{NO}_x$ ）の発生量が多くなり、還元炉の排ガス中の $\text{NO}_x$ 含有量が増加するため、 $\text{NO}_x$ 低減対策による操業コスト・設備コスト増のために、燃料消費量の低減効果が打ち消されてしまうという問題があった。そして、上記特許文献2にはこの問題点に関する解決手段の開示および示唆がなく、実用化が阻まれていた。

#### 【0009】

本発明はこのような問題を解決するものであり、燃焼用空気に酸素富化空気を用いて還元炉の燃料消費量を低減しつつ、還元炉の排ガス中の $\text{NO}_x$ 含有量を増加させることがない還元金属の製造方法を提供することを目的とする。

#### 【0010】

**【課題を解決するための手段】**

請求項 1 に係る発明は、還元炉中を移動する炉床上に載置された炭素質還元材を含む酸化金属を加熱し還元して還元金属を製造する方法であって、前記還元炉に、燃料および一次燃焼用空気を供給する複数の主バーナと、二次燃焼用空気を供給する二次燃焼バーナとを設け、前記一次燃焼用空気および／または前記二次燃焼用空気として、酸素を富化した空気をを用いる際に、前記複数の主バーナのうち少なくとも 1 つの主バーナで供給される一次燃焼用空気中の酸素濃度を、前記二次燃焼用空気中の酸素濃度より低くすることを特徴とする還元金属の製造方法である。

**【0011】**

請求項 2 に係る発明は、前記複数の主バーナのうち少なくとも 1 つの主バーナの近傍における炉内雰囲気ガスの CO 濃度が 2 容積%未満である請求項 1 記載の還元金属の製造方法である。

**【0012】**

請求項 3 に係る発明は、前記複数の主バーナのうち少なくとも 1 つの主バーナの近傍における炉内雰囲気ガスの CO 濃度が 4 容積%未満である請求項 1 記載の還元金属の製造方法である。

**【0013】**

請求項 4 に係る発明は、前記複数の主バーナのうち少なくとも 1 つの主バーナの近傍における炉内雰囲気ガスの還元度  $(CO + H_2) / (CO + CO_2 + H_2 + H_2O)$  が 0.05 未満である請求項 1 記載の還元金属の製造方法である。

**【0014】**

請求項 5 に係る発明は、前記複数の主バーナのうち少なくとも 1 つの主バーナの空気比を 1.0 以下とする請求項 1～4 のいずれか 1 項記載の還元金属の製造方法である。

**【0015】**

請求項 6 に係る発明は、前記複数の主バーナの空気比を、主バーナごとに、その前記還元炉への設置位置に応じて変化させる請求項 1～5 のいずれか 1 項記載の還元金属の製造方法である。



## 【0016】

## 【発明の実施の形態】

以下に本発明の実施の形態について図を参照しつつ詳細に説明する。

## 【0017】

## 〔実施の形態1〕

図1および図2に、本発明の実施の形態に係る回転炉床式還元炉の概略を示す。図1は、ドーナツ形状の回転炉床式還元炉を、原料供給機と製品排出機との間で切断して直線状に展開し、その長手方向（周方向）の垂直断面を示した図である。図2は、回転炉床式還元炉の径方向の垂直断面を示す図である。図1および図2において、符号1は還元炉、符号2は炉床、符号3は主バーナ、符号4は二次燃焼バーナ、符号5は原料供給機、符号6は製品排出機、符号7はガスサンプリング孔、符号8は温度計を示す。そして、符号Aは炭材内装鉄鉱石ペレット（炭素質還元材を含む酸化金属）、符号Bはペレット層、符号Cは還元鉄ペレット（還元金属）、符号Dは天然ガス（燃料）、符号Eは一次燃焼用空気、符号Fは二次燃焼用空気、符号Gは可燃性ガス、Hは予熱空気、Jは酸素を示す。

## 【0018】

炭材内装鉄鉱石ペレット（以下、単に「ペレット」ともいう。）Aは、酸化金属としての鉄鉱石粉に、炭素質還元材としての石炭粉を添加・混合し、加湿造粒して得られた生ペレットを図示しない乾燥機で乾燥したものである。

## 【0019】

この炭材内装鉄鉱石ペレットAは、原料供給機5で還元炉1内を所定の速度で回転（移動）する炉床2上に供給されてペレット層Bを形成し、還元炉1内で加熱還元されて還元鉄ペレットCとなり、製品排出機6で炉外に排出される。

## 【0020】

一方、還元炉1には炉床2の上方にあたる部分に複数の主バーナ3と複数の二次燃焼バーナ4とが設けられている。主バーナ3には燃料としての天然ガスDと一次燃焼用空気としての酸素を富化した空気（以下、「酸素富化空気」ともいう。）Eとが供給され、二次燃焼バーナ4には二次燃焼用空気として酸素富化空気Fが供給されている。

## 【0021】

主バーナ3から還元炉1内に吹き込まれた天然ガスDは酸素富化空気（一次燃焼用空気）Eと反応して燃焼し、還元炉1内を約1000～1500℃の高温雰囲気とする（なお、雰囲気温度は、各主バーナ3の近傍に設けられた温度計8で測定する。）。この高温雰囲気中を移動する過程でペレット層Bは輻射加熱される。ペレット層Bには石炭が内装されているため、ペレット層Bが約400～600℃に加熱された際にまず揮発分が発生する。さらにペレット層Bが加熱されて約700℃以上になると、鉄鉱石中の酸化鉄と石炭中の炭素との直接還元反応が開始して金属鉄とCOガスとが生成する（ $Fe_xO_y + yC \rightarrow xFe + yCO$ ）。したがって、炉床2上のペレット層Bからは揮発分やCOガスを含む可燃性ガスGが発生する（なお、炭素質還元材として石炭の代わりに例えばコークスを用いた場合には実質上揮発分は発生しない。）。ここで、二次燃焼バーナ4から酸素富化空気（二次燃焼用空気）Fが吹き込まれているため、この可燃性ガスGは酸素富化空気（二次燃焼用空気）Fと反応して燃焼し、この燃焼後ガスは主バーナ3による燃焼後ガスとともに還元炉1内に高温雰囲気を形成する。なお、主バーナ3では天然ガスDと酸素富化空気（一次燃焼用空気）Eとが一緒に供給されるため容易に燃焼するが、二次燃焼バーナ4では、酸素富化空気（二次燃焼用空気）Fのみを供給し、ペレット層Bからの可燃性ガスGを燃料とすることから、この可燃性ガスGが主バーナ3による燃焼後ガスであり薄まらないうちに燃焼させることが好ましく、二次燃焼バーナ4は主バーナ3より下方に設置するのがよい。

## 【0022】

燃料Dとしては、天然ガスの他、重油、微粉炭等を用いてもよい。

## 【0023】

酸素富化空気E、Fとしては、単に常温の空気に酸素を添加したものを用いてもよいが、図示しない熱交換器で還元炉排ガス顕熱を利用して常温の空気を例えば200～600℃に予熱した予熱空気Hに所定量の酸素Jを添加したものを用いることがより好ましい。予熱空気Hを用いることにより、さらに燃料消費量および排ガスを低減できるためである。そして、一次燃焼用空気E中の酸素濃度

と二次燃焼用空気F中の酸素濃度とを互いに独立して変更できるように、予熱空気Hに添加する酸素Jの配管を主バーナ3と二次燃焼バーナ4とで別個に設けておく。

#### 【0024】

なお、酸素富化空気E、Fは、上記のような予熱空気Hと酸素Jとを混合したものに限定されず、常温の空気と酸素とを予め混合したのち予熱したもの、常温の空気と酸素とを別々に予熱したのち混合したものなどを用いてもよい。また、主バーナ3および二次燃焼バーナ4に共通の酸素富化空気の供給ラインを設けておき、この供給ラインからいずれか一方のバーナへの分岐ラインに別系統から酸素を追加するようにしてもよい。

#### 【0025】

そして、主バーナ3と二次燃焼バーナ4に各々供給する予熱空気H量に応じて酸素Jの添加量を調節し、一次燃焼用空気E中の酸素濃度を二次燃焼用空気F中の酸素濃度より低くする。これにより、還元炉1全体に添加する酸素の総量が同じであっても、単に一次燃焼用空気E中の酸素濃度と二次燃焼用空気F中の酸素濃度とを同じにした場合に比べ、還元炉1内で発生する酸化窒素( $\text{NO}_x$ )の総量を低減できる。

#### 【0026】

この理由は以下のとおりである。すなわち、主バーナ3では高カロリーの燃料Dと一次燃焼用空気Eとを一緒に還元炉1内に吹き込んでいるため、断熱火炎温度は非常に高くなる。一方、二次燃焼バーナ4では炉床2上のペレット層B全体から少量ずつ発生する可燃性ガスGを燃料とし、さらにはこの可燃性ガスGは主バーナ3の燃焼後ガスと混合攪拌されて極めて低カロリーガスとなるため、その断熱火炎温度は低い。したがって、単に一次燃焼用空気Eの酸素濃度と二次燃焼用空気Fの酸素濃度を同じにして酸素を添加すると主バーナ3の断熱火炎温度が極めて高くなり $\text{NO}_x$ 発生量が非常に多くなる。これに対し、本発明のように一次燃焼用空気E中の酸素濃度を二次燃焼用空気F中の酸素濃度より低くするように酸素の添加量を配分すると、主バーナ3の燃焼用空気E中の酸素濃度が下げられるので断熱火炎温度の上昇は小さくなり $\text{NO}_x$ 発生量も少なくなる。一方、二

次燃焼バーナ 4 では、上記のようにその燃料が低カロリーガスであり、燃焼空気 F の酸素濃度を少々高くしてもその断熱火炎温度は主バーナ 3 の断熱火炎温度ほどは高くない。このため、元々少ない二次燃焼バーナ 4 近傍からの  $\text{NO}_x$  の発生量はそれほど増加せずあまり問題とならない。したがって、還元炉 1 全体に添加する酸素の総量が同じであっても、単に一次燃焼用空気 E 中の酸素濃度と二次燃焼用空気 F 中の酸素濃度とを同じにした場合に比べ、還元炉 1 内で発生する酸化窒素 ( $\text{NO}_x$ ) の総量を低減できることとなる。

#### 【0 0 2 7】

一次燃焼用空気 E の酸素濃度を二次燃焼用空気 F の酸素濃度より低くする度合いは、小さすぎると  $\text{NO}_x$  低減の効果が少なく、大きすぎると二次燃焼用空気 F の窒素含有量の低下により二次燃焼バーナ 4 から吹き込まれるガスの線速度が低くなりすぎて可燃性ガス G と十分混合せず可燃性ガス G の燃焼が不十分となる。このため、一次燃焼用空気 E 中の酸素濃度は、二次燃焼用空気 F 中の酸素濃度にもよるが、二次燃焼用空気 F 中の酸素濃度より好ましくは 5 ～ 5 0 容積%、さらに好ましくは 1 0 ～ 4 0 容積%、特に好ましくは 2 0 ～ 3 0 容積% 低くすればよい。

#### 【0 0 2 8】

本実施の形態においては、一次燃焼用空気 E 中の酸素濃度は、すべての一次燃焼バーナ 3 について一律に二次燃焼用空気 F 中の酸素濃度より一定度合いだけ低くしているが、これに限るものではない。以下の実施形態 2 ～ 5 および実施例で説明するように、一次燃焼バーナ 3 ごとに酸素濃度を低くする度合いを変えてもよい。あるいは、複数の一次燃焼バーナ 3 のうちの一部についてのみ一次燃焼用空気 E 中の酸素濃度を二次燃焼用空気 F 中の酸素濃度より低め、残りは二次燃焼用空気 F 中の酸素濃度と同じとしてもよい。

#### 【0 0 2 9】

##### 〔実施の形態 2〕

図 2 に示すように、複数の主バーナ 3 の各々の近傍に設けられたガスサンプリング孔 7 から炉内雰囲気ガスを採取してガス組成を測定する。そして、測定された炉内雰囲気ガスの  $\text{CO}$  濃度が 2 容積% 未満、好ましくは 4 容積% 未満となる主

バーナ3についてのみ、一次燃焼用空気Eの酸素濃度を二次燃焼用空気Fの酸素濃度より低くすることが好ましい。

### 【0030】

つまり、一般的にバーナ近傍の雰囲気中にCOガスなどの未燃ガスが存在するとNO<sub>x</sub>発生量は少なくなることが知られている。したがって、近傍の雰囲気中のCOガスなどの未燃ガスの含有量が少ない主バーナ3のみ、一次燃焼用空気Eの酸素濃度を二次燃焼用空気Eの酸素濃度より低くすれば、NO<sub>x</sub>の発生を抑制できる。一方、近傍の炉内雰囲気ガスのCO濃度が2～4容積%以上となる主バーナ3については、燃焼空気に酸素を富化してもNO<sub>x</sub>発生量はそれほど増加しない。このため、これらの、近傍の炉内雰囲気ガスのCO濃度が2～4容積%以上となる主バーナ3においては、一次燃焼用空気E中の酸素濃度は二次燃焼用空気F中の酸素濃度より必ずしも低くする必要はなく、例えば二次燃焼用空気F中の酸素濃度と同じにすることができる。その結果、還元炉1全体に投入可能な酸素量は上記実施の形態1に比べて多くなり、燃料消費量はより低減できる。

### 【0031】

#### 〔実施の形態3〕

一次燃焼用空気E中の酸素濃度を二次燃焼用空気F中の酸素濃度より低くするか否かの判断基準として、主バーナ3近傍の炉内雰囲気ガスのCO濃度の代わりに、同じ炉内雰囲気ガスの、還元度 $RD = (CO + H_2) / (CO + CO_2 + H_2 + H_2O)$ を用いることが推奨される。つまり、近傍の炉内雰囲気ガスの還元度RDが0.05未満となる主バーナ3についてのみ、一次燃焼用空気Eの酸素濃度を二次燃焼用空気Fの酸素濃度より低くするとよい。

### 【0032】

すなわち、炉内雰囲気ガス中には未燃ガス成分としてCOのほかH<sub>2</sub>も存在し、燃焼後ガス成分としてCO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>Oが存在している。H<sub>2</sub>もCOと同様にNO<sub>x</sub>の発生を抑制する一方、CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>OはNO<sub>x</sub>の発生を促進する方向に働く。また、燃料Dの種類により炉内雰囲気ガス中のCOとH<sub>2</sub>との存在比率は変化する。したがって、単にCO濃度だけを用いるよりも、還元度 $RD = (CO + H_2) / (CO + CO_2 + H_2 + H_2O)$ を用いるほうが、一次燃焼用空気E中の酸素

濃度を二次燃焼用空気F中の酸素濃度より低くするか否かの判断の精度が高まりより効率的に $\text{NO}_x$ 発生量を低減できる。ただし、還元度 $RD = (\text{CO} + \text{H}_2) / (\text{CO} + \text{CO}_2 + \text{H}_2 + \text{H}_2\text{O})$ を求めるためには、CO濃度だけを測定する場合に比べて多くの成分の濃度を測定する必要があり、余分な設備（分析機器、配管等）が必要となる。

### 【0033】

#### 〔実施の形態4〕

複数の主バーナ3のうち少なくとも1つの主バーナ3の空気比を、好ましくは1.0以下、より好ましくは0.9以下、特に好ましくは0.8以下とするとよい。これにより、主バーナ3の燃焼後ガス中に未燃ガスが残存するようになるため、主バーナ3近傍の炉内雰囲気ガスのCO濃度が2容積%以上、または還元度RDが0.05以上に上昇するようになる。したがって、上記実施の形態2または3で説明したように、これら未燃ガスを含有する主バーナ3に供給する一次燃焼用空気Eの酸素濃度を二次燃焼用空気Fの酸素濃度より低下させる必要がなくなり、還元炉1全体に投入可能な酸素量は上記実施の形態1に比べて多くなり、燃料消費量はより低減できる。

### 【0034】

#### 〔実施の形態5〕

上記実施の形態4で説明したように、主バーナ3の空気比によって燃焼後ガス（バーナ3近傍の雰囲気ガス）中のCO濃度および還元度RDが変化し、 $\text{NO}_x$ 発生量も変化する。したがって、主バーナ3ごとに、その主バーナ3の還元炉1への設置位置に応じて空気比を変化させることにより（後述の実施例2参照）、還元炉1内における $\text{NO}_x$ の総発生量を実質的に維持ないし減少しつつ、可及的に多量の酸素を還元炉1内に投入できる。

### 【0035】

なお、上記実施の形態1～5においては、移動炉床式還元炉として回転炉床式還元炉、酸化金属として酸化鉄を含有する鉄鉱石、炭素質還元材として石炭、炭素質還元材を含む酸化金属として炭材内装鉄鉱石ペレット、還元金属として還元鉄ペレットを例示して説明したが、これらに限定されるものではない。

**【 0 0 3 6 】**

すなわち、移動炉床式還元炉としては回転炉床式還元炉の他に直線炉床式還元炉を用いてもよい。

**【 0 0 3 7 】**

酸化金属としては鉄鉱石の他、高炉ダスト、転炉ダスト、電気炉ダスト、ミルスケール、ミルスラッジなど酸化鉄を含有する製鉄所ダストを用いてもよく、酸化鉄の他に N i 、 M n 、 C r 等の金属元素の酸化物を含有するものを用いてもよい。

**【 0 0 3 8 】**

炭素質還元材としては石炭の他、コークス、チャー、木炭、バイオマスの炭化物、炭素含有ダスト（例えば高炉ダスト）等を用いてもよい。

**【 0 0 3 9 】**

炉床上に装入する炭素質還元材を含む酸化金属としては、炭材内装ペレットの他、酸化金属粉末に炭素質還元材粉末を添加混合して加圧成形したブリケットを用いてもよく、また、造粒や成形することなく、酸化金属粉末に炭素質還元材粉末を外装したもの、酸化金属粉末と炭素質還元材粉末とを単に混合したものを用いてもよい。

**【 0 0 4 0 】**

炭材内装ペレットやブリケットなどの塊成化物の場合は、塊成化に際して水分やバインダーの添加は基本的には必要としないが、場合によって添加してもよい。また、塊成化物は予め乾燥してから還元炉に装入してもよいし、乾燥せずにそのまま装入してもよい。

**【 0 0 4 1 】**

製造する還元金属の種類としては、還元鉄の他、金属 N i 、金属 M n 、金属 C r 等を含有するものでもよく、また還元金属の形態としては、還元鉄ペレットに代表されるスポンジ金属の他、粉状金属、板状金属、熔融金属、熔融後固化された固体金属等でもよい。

**【 0 0 4 2 】****【実施例】**

## (実施例 1)

炉床の外径が 8.5 m の回転炉床炉に、炭材を内装した鉄鉱石のブリケットを 4 t/h の供給速度で装入し、目標の炉内雰囲気温度 1350℃ の条件で還元して還元鉄を製造した。主バーナの燃料としては天然ガスを用い、燃烧用空気としては 350℃ に予熱した空気に必要に応じて酸素を富化したものを用いた。

## 【0043】

比較例 1 は、一次燃烧用空気、二次燃烧用空気とも酸素富化を行わない条件で還元を行った例である。比較例 2 は、一次燃烧用空気および二次燃烧用空気ともに同じ酸素濃度となるように一律に酸素富化を行った例である。本発明例は、比較例 2 で添加した酸素総量と同量の酸素を二次燃烧用空気のみ富化した例である。

## 【0044】

表 1 に比較例 1、2 および本発明例の操業結果を比較して示す。

## 【0045】

表 1 の比較例 1 に示すように、燃烧用空気に酸素を富化しない場合には、主バーナの燃烧後ガス中の NO<sub>x</sub> 濃度は 100 ppm、二次燃烧バーナの燃烧後ガス中の NO<sub>x</sub> 濃度は 5 ppm 未満と低く、回転炉床炉排ガス中の NO<sub>x</sub> 濃度も 50 ppm と低い。しかし、回転炉床炉排ガス流量は 12000 m<sup>3</sup> (標準状態) / h と多く、燃料供給量も 20 GJ / h と多い。なお、排ガス中に含まれる NO<sub>x</sub> 総量は 0.6 m<sup>3</sup> (標準状態) / h となる。

## 【0046】

一方、表 1 の比較例 2 に示すように、燃烧用空気に一律に酸素を富化した場合には、排ガス流量は 8000 m<sup>3</sup> (標準状態) / h に減少し、燃料供給量も 14 GJ / h へと大幅に減少している。しかし、二次燃烧バーナの燃烧後ガス中の NO<sub>x</sub> 濃度は依然として 5 ppm 未満と低いものの、主バーナの燃烧後ガス中の NO<sub>x</sub> 濃度は 300 ppm に上昇し (表中に示すように、主バーナの断熱火炎温度が著しく上昇したためと考えられる。)、回転炉床炉排ガス中の NO<sub>x</sub> 濃度は 150 ppm に上昇している。また、排ガス中に含まれる NO<sub>x</sub> 総量も 1.2 m<sup>3</sup> (標準状態) / h へと大幅に増加している。



## 【0047】

これに対し、表1の本発明例に示すように、二次燃焼用空気のみ酸素を富化した場合には、比較例2と同様の少ない排ガス流量  $8000\text{ m}^3$ （標準状態）／hと燃料供給量  $14\text{ GJ}$ ／hとが得られている。さらに、二次燃焼バーナの燃焼後ガス中の $\text{NO}_x$ 濃度は  $50\text{ ppm}$ に上昇するものの依然として低い水準であり（表中に示すように、二次燃焼バーナの断熱火炎温度は、酸素を富化してもそれほど高くないためと考えられる。）、主バーナの燃焼後ガス中の $\text{NO}_x$ 濃度は比較例1と同じ  $100\text{ ppm}$ に維持されている。この結果、回転炉床炉排ガス中の $\text{NO}_x$ 濃度は、比較例1よりは少し高いものの比較例2ほどは上昇せず、  $80\text{ ppm}$ という低い水準に留まっている。また、排ガス中に含まれる $\text{NO}_x$ 総量は  $0.64\text{ m}^3$ （標準状態）／hであり、比較例1とほぼ同等の低い水準を維持している。

## 【0048】

【表 1】

		比較例 1	比較例 2	本発明例
主バーナ	酸素濃度 (容積%)	20.5	30	20.5
	断熱火炎温度 (°C)	2220	2760	2220
	燃焼後ガス NOx (ppm)	100	300	100
二次燃焼バーナ	酸素濃度 (容積%)	20.5	30	50
	断熱火炎温度 (°C)	1720	1900	2100
	燃焼後ガス NOx (ppm)	<5	<5	50
燃料供給量 (GJ/h)		20	14	14
回転炉床炉排ガス流量 (m <sup>3</sup> (標準状態)/h)		12000	8000	8000
回転炉床炉排ガス NOx (ppm)		50	150	80
回転炉床炉排ガス NOx (m <sup>3</sup> (標準状態)/h)		0.6	1.2	0.64

## 【0049】

## (実施例 2)

上記実施の形態 5 についての実施例を説明する。上記実施例 1 で用いた回転炉床炉において、図 3 に示すように、回転炉床炉 1 内の高温雰囲気領域を、原料装入機 5 に近い側から製品排出機 6 のほうに向かって順にゾーン 1～5 の 5 ゾーンに分けた（なお、ゾーンの数は回転炉床炉 1 の規模や原料の化学性状等によって変更しうるものであり、必ずしも 5 ゾーンに限らない）。そして、各ゾーンに主バーナ 3（31～35）および二次燃焼バーナ 4（41～44）を設けた。ただし、後述の理由によりゾーン 5 には二次燃焼バーナ 4 を設けなかった。主バーナ 3（31～35）の燃料 D としては天然ガスを用いた。二次燃焼用空気 F の酸素濃度はゾーン 1～4 すべてにおいて 50 容積%とした。

## 【0050】

ゾーン 1 では、炉内雰囲気ガス中の CO 濃度が 0.5 容積%と低く、O<sub>2</sub>も 1～2 容積%程度存在する。このため、主バーナ 31 の空気比を 0.7 とし、未燃ガス（CO、H<sub>2</sub>等）が十分に発生（残存）するようにした。また、近傍の炉内雰囲気ガス中の CO 濃度が 2 容積%未満であるので、主バーナ 31 の一次燃焼用空気 E1 中の酸素濃度は二次燃焼用空気 F 中の酸素濃度（50 容積%）より大幅に低い 23 容積%として、主バーナ 31 からの NO<sub>x</sub> 発生を抑制した。

#### 【0051】

ゾーン 2 では、炉内雰囲気ガス中に O<sub>2</sub>はほとんど存在しないものの、CO 濃度は 1.5 容積%程度と依然として低いため、未燃ガスが少し発生（残存）するように主バーナ 32 の空気比は 0.9 とした。また、近傍の炉内雰囲気ガス中の CO 濃度が依然として 2 容積%未満であるので、ゾーン 1 と同様に、主バーナ 31 の一次燃焼用空気 E1 中の酸素濃度は二次燃焼用空気 F 中の酸素濃度より大幅に低い 23 容積%として、主バーナ 32 からの NO<sub>x</sub> 発生を抑制した。

#### 【0052】

ゾーン 3 および 4 では、炉内雰囲気ガス中の CO 濃度がそれぞれ 4 容積%、5 容積%と十分高いため、未燃ガスをこれ以上発生（残存）させる必要がないため、これらの主バーナ 33 および 34 の空気比は 1.0 とした。また、近傍の炉内雰囲気ガス中の CO 濃度が 2 容積%以上であるので、一次燃焼用空気 E3 および E4 中の酸素濃度は二次燃焼用空気 F 中の酸素濃度より低くする必要はないものの、還元炉 1 全体への酸素投入量のバランスを考慮して二次燃焼用空気 F 中の酸素濃度より少し低い 40 容積%とした。なお、燃焼用空気中の酸素濃度が高くなるとバーナの断熱火炎温度が高くなり NO<sub>x</sub> が発生し易くなるため、炉内雰囲気ガス中の CO 濃度が 4 容積%未満の場合には、一次燃焼用空気 E3、E4 の温度にもよるが、一次燃焼用空気 E3、E4 中の酸素濃度は 30 容積%程度以下にすることが好ましい。

#### 【0053】

ゾーン 5 では、炉内雰囲気ガス中の CO 濃度が 10 容積%と十分に高く、NO<sub>x</sub> 発生抑制の観点からは、これ以上未燃ガスを発生（残存）させる必要はないが、還元金属 C の再酸化を防止するために、主バーナ 35 の空気比は 0.8 とし

た。また、同様の理由により二次燃焼用空気Fは導入しなかった。ただし、還元金属Cの再酸化を大きな問題としない場合には、ゾーン5に二次燃焼用空気Fを導入してもよい。

#### 【0054】

一次燃焼用空気Eおよび二次燃焼用空気Fに用いる空気は、予め350℃に予熱した空気（予熱空気）Hに酸素Jを添加して酸素濃度を調整したものとした。なお、当然のことながら予熱空気Hに添加する酸素Jは純酸素である必要はない。

#### 【0055】

還元炉1内における燃焼の制御は以下のように行った。二次燃焼バーナ41～44からはそれぞれ一定量の二次燃焼用空気Fを供給し、各ゾーン1～5における雰囲気温度（図2の温度計8により測定）が一定温度になるように、各主バーナ31～35へ供給する燃料Dの流量を調整した。そして、各主バーナ31～35へ供給する一次燃焼用空気E1～E5の流量は、予め設定した上記各空気比にしたがって調整した。

#### 【0056】

そして、燃料Dの消費量をできるだけ少なくするためには、ペレット層Bから発生する可燃性ガスGおよび主バーナ3の燃焼で発生する未燃ガスを還元炉1内で完全に燃焼することが望ましい。このため、還元炉1の排ガス中にCO、H<sub>2</sub>等が残存しないように、二次燃焼用空気F1～F4の流量を調整した。

#### 【0057】

これにより、従来の酸素富化を行わない操業に比べて、燃料消費量は大幅に低減されるとともに、回転炉床炉（還元炉）1の排ガス中のNO<sub>x</sub>含有量を実質的に増加させずに還元鉄を製造することができた。

#### 【0058】

##### 【発明の効果】

以上より、本発明によれば、燃焼用空気に酸素富化空気を用いて還元炉の燃料消費量を低減しつつ、還元炉の排ガス中のNO<sub>x</sub>含有量を増加させることがない還元金属の製造方法が実現できる。その結果、NO<sub>x</sub>低減対策が不要となり、燃

料消費量の低減による操業コストの低減効果が確実に得られる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施の形態に係る回転炉床式還元炉の概略を示す周方向の垂直断面図である。

【図 2】

本発明の実施の形態に係る回転炉床式還元炉の概略を示す径方向の垂直断面図である。

【図 3】

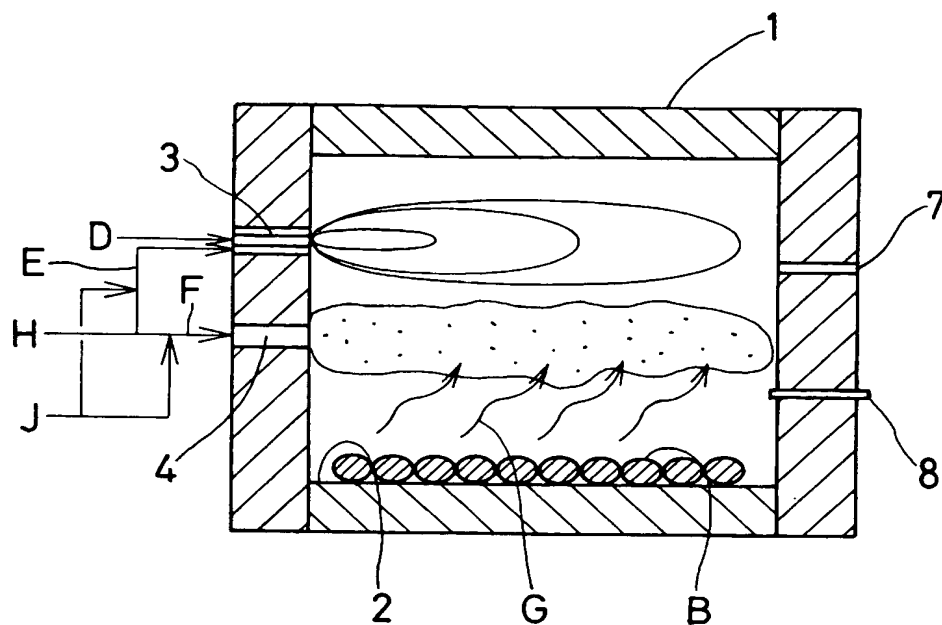
実施例 2 の、回転炉床式還元炉内の燃焼条件を説明する周方向の垂直断面図である。

【符号の説明】

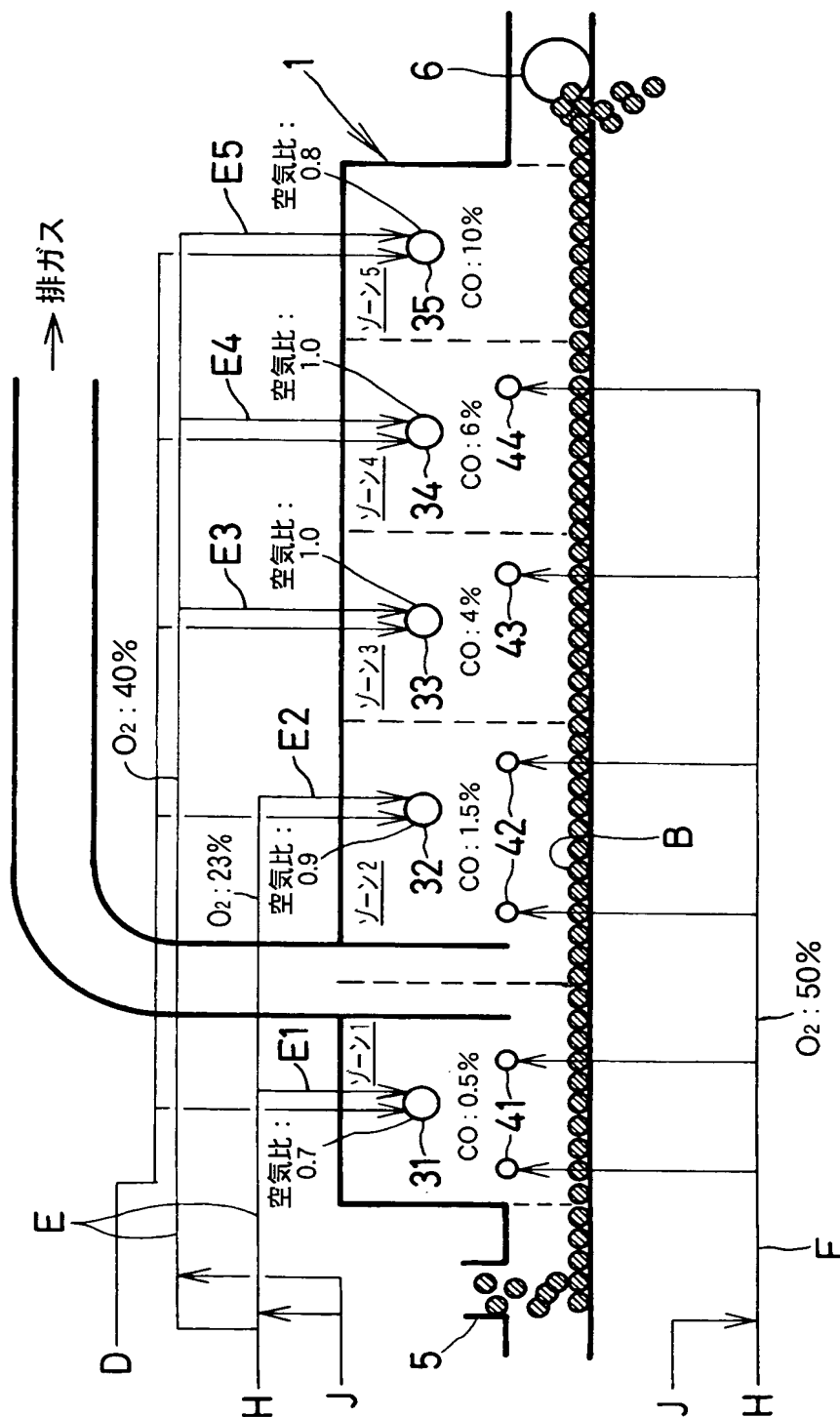
- 1…移動炉床式還元炉（回転炉床式還元炉）
- 2…炉床
- 3…主バーナ
- 4…二次燃焼バーナ
- 5…原料供給機
- 6…製品排出機
- 7…ガスサンプリング孔
- 8…温度計
- A…炭素質還元材を含む酸化金属（炭材内装鉄鉱石ペレット）
- B…ペレット層
- C…還元金属（還元鉄ペレット）
- D…燃料（天然ガス）
- E…一次燃焼用空気
- F…二次燃焼用空気
- G…可燃性ガス
- H…予熱空気
- J…酸素



【図 2】



【図 3】



注)「%」は「容積%」を意味する。






【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 移動炉床式還元炉で炭材を含む酸化金属をバーナ燃焼により加熱還元して還元金属を製造する方法であって、バーナ燃焼用空気に酸素を富化して還元炉の燃料消費量を低減しつつ、還元炉の排ガス中のNO<sub>x</sub>含有量を増加させることがない還元金属の製造方法を提供する。

【解決手段】 還元炉1に、燃料Dと一次燃焼用空気Eとを供給する複数の主バーナ3と、二次燃焼用空気Fを供給する複数の二次燃焼バーナ4とを設け、一次燃焼用空気Eおよび／または二次燃焼用空気Fとして酸素Jを富化した空気Hを用いる際に、複数の主バーナ3のうち少なくとも1つの主バーナ3で供給される一次燃焼用空気E中の酸素濃度を、二次燃焼用空気F中の酸素濃度より低くする。

【選択図】 図1



特願 2 0 0 3 - 0 4 9 4 7 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 1 1 9 9 ]

1 . 変更年月日

2 0 0 2 年    3 月    6 日

[変更理由]

住所変更

住    所

兵庫県神戸市中央区脇浜町二丁目 1 0 番 2 6 号

氏    名

株式会社神戸製鋼所